مذكرة الفيزياء

الصف الثاني عشر (12)

الفصل الدراسي الثاني

العام الدراسي : 2026/2025 م

أ/ يوسف عزمي

الدرس (1) : الحث الكهرومغناطيسي

وجه المقارنة	التدفق المغناطيسي	شدة المجال المغناطيسي
التعريف	**عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق سطح مساحته A بشكل عمودي**	**عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق وحدة المساحات من السطح بشكل عمودي**
القانون	$\phi = BA\cos\theta$	$B = \frac{\phi}{A\cos\theta}$
نوع الكمية		
وحدة القياس		

** العوامل التي يتوقف عليها التدفق المغناطيسي :

-1 .... -2 .... -3 ....

** تتجه خطوط المجال المغناطيسي داخلياً من القطب .... وتتجه خارجياً من القطب ....

==

زاوية سقوط المجال **الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي ومتجه مساحة السطح (العمود المقام من السطح)**

** حدد قيمة زاوية سقوط المجال (θ) في الحالات الآتية :

الحالة	الشكل	زاوية السقوط	التدفق المغناطيسي
اتجاه المجال موازي للسطح (عمودي علي متجه المساحة)	A B		
اتجاه المجال عمودي علي السطح (موازي لمتجه المساحة)	A B		
اتجاه المجال يميل علي السطح بزاوية (30^o)	A B 30		
اتجاه المجال يسقط علي السطح بزاوية (30^o)	A B 30		

علل لما يأتى :

1- التدفق المغناطيسي كمية عددية.

لان حاصل الضرب العددي لمتجهي المساحة وشدة المجال المغناطيسي $\phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$

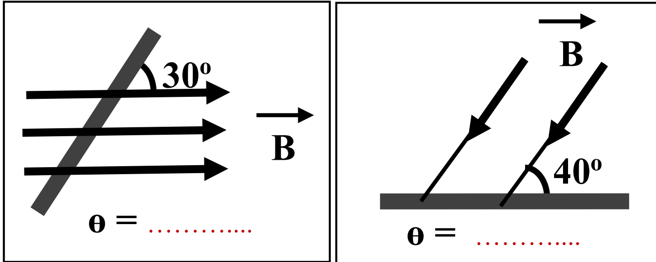
2- التدفق المغناطيسي يكون أكبر ما يمكن عند سقوط خطوط المجال المغناطيسي عمودية على السطح.

لان زاوية سقوط المجال تساوي صفر و $\cos 0 = 1$ وبالتالي $\phi = BA\cos 0 = BA$ والتدفق أكبر ما يمكن

3- ينعدم التدفق المغناطيسي عند سقوط خطوط المجال المغناطيسي موازية للسطح.

لان زاوية سقوط المجال تساوي 90 و $\cos 90 = 0$ وبالتالي $\phi = BA\cos 90 = 0$ وينعدم التدفق

Φ — θ	Φ — B	Φ — A	B — A
التدفق المغناطيسي وزاوية سقوط المجال خلال دورة كاملة	التدفق المغناطيسي وشدة المجال المغناطيسي	التدفق المغناطيسي ومساحة السطح	شدة المجال المغناطيسي ومساحة السطح



**** أكمل ما يأتي :**

1- حدد زاوية سقوط المجال أسفل كل شكل في المقابل :

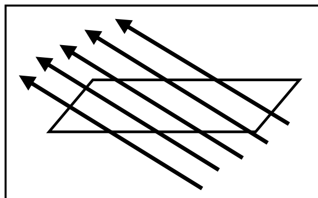
2- مجال مغناطيسي منتظم شدته (B) يسقط عمودياً على سطح مساحته (A) فإذا سقط هذا المجال عمودياً على سطح آخر مساحته (2A) فإن شدة المجال المغناطيسي التي يتعرض لها السطح الجديد ....

3- يتساوى التدفق المغناطيسي مع شدة المجال المغناطيسي (عدديا) لمجال مغناطيسي منتظم يجتاز سطحا مساحته ($2\ m^2$) عندما تكون زاوية سقوط المجال بالدرجات تساوي ....

4- سطح مساحته ($5\ m^2$) يجتازه مجال مغناطيسي منتظم شدته ($4\ T$) فإذا كان التدفق المغناطيسي ($10\ Wb$) فأن السطح يصنع مع المجال زاوية مقدارها ....

....

===



<u>مثال 1</u> : الشكل يوضح مجالاً مغناطيسيا يجتاز سطح مساحته ($0.1\ m^2$) فإذا كانت الزاوية بين خطوط المجال المغناطيسي والسطح (30^o).أحسب شدة المجال المغناطيسي :

....

....

<u>مثال 2</u> : لفة دائرية الشكل نصف قطرها ($0.1\ m$) موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم شدته ($0.4\ T$)

أحسب مقدار التدفق المغناطيسي في الحالات الآتية :

أ) متجه مساحة السطح يصنع زاوية (60^o) مع خط المجال المغناطيسي :

....

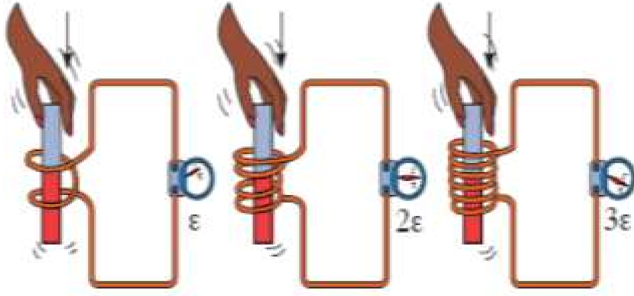
ب) عند سقوط خطوط المجال المغناطيسي عمودية على السطح :

....

ج) عند سقوط خطوط المجال المغناطيسي موازية للسطح :

....

قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي



ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي

ظاهرة توليد القوة الدافعة الكهربائية الحثية في موصل نتيجة تغير التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الموصل

ماذا يحدث في الحالات الآتية مع ذكر السبب :

1- عند حركة المغناطيس في ملف متصل بجلفانوميتر أو حركة الملف بالنسبة لمغناطيس ثابت.

الحدث : ....

التفسير : ....

2- عند توقف حركة المغناطيس في ملف متصل بجلفانوميتر أو توقف حركة الملف بالنسبة لمغناطيس ثابت.

الحدث : ....

التفسير : ....

3- للقوة الدافعة الكهربية المتولدة في ملف كلما كانت الحركة النسبية بين المغناطيس والملف أسرع.

الحدث : ....

التفسير : ....

4- للقوة الدافعة الكهربية المتولدة في ملف كلما زادت عدد لفات الملف إلي ثلاثة أمثال.

الحدث : ....

التفسير : ....

5- لاتجاه التيار الحثي المتولد في الملف عند تغيير اتجاه قطب المغناطيس.

الحدث : ....

التفسير : ....

6- عند محاولة إدخال مغناطيس في ملف طرفاه موصولان علي مقاومة خارجية عندما تكون عدد لفاته كبيرة.

الحدث : ....

التفسير : ....

....

قانون فاراداى

القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية المتولدة في موصل تساوي سالب معدل التغير في التدفق المغناطيسي بالنسبة للزمن

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

أو القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية المتولدة في ملف تتناسب طردياً مع حاصل ضرب عدد اللفات ومعدل التغير في التدفق المغناطيسي بالنسبة للزمن

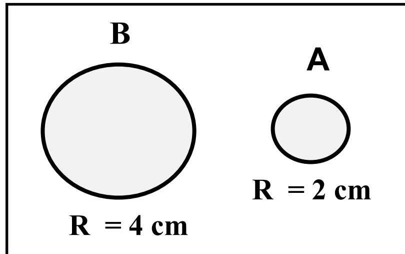
$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

وجه المقارنة	عند تغير شدة المجال المغناطيسي	عند تغير زاوية سقوط المجال
قانون فارادي	$\varepsilon = -NA\cos\theta\ (\frac{\Delta B}{\Delta t})$	$\varepsilon = -NBA(\frac{\Delta \cos\theta}{\Delta t})$

** أكمل ما يأتي :

1- لحساب شدة التيار في الملف أو السلك بدلالة المقاومة الكهربائية نستخدم العلاقة ....

2- في الشكل عندما يتغير التدفق المغناطيسي في الحلقتين المعدنيتين (A ، B) بنفس المعدل. إذا تولـدت في الحلقـة (A) قوة دافعه كهربائية مقدارها (ε) فإن الحلقـة (B) يتولد فيها قوة دافعه كهربائية مقدارها ....



3- في الشكل السابق عندما يتغير شدة المجال المغناطيسي في الحلقتين المعدنيتين (A ، B) بنفس المعدل.

إذا تولـدت في الحلقة (A) قوة دافعه كهربائية مقـــدارها (ε) فإن (B) يتولد فيها قوة دافعه كهربائية ....

....

....

....

===

ملاحظات

أولاً) إذا قلب او عكس الملف في المجال فإن :

$(\phi_2 = -\phi_1)\quad (\theta_2 = \theta_1 + 180)$

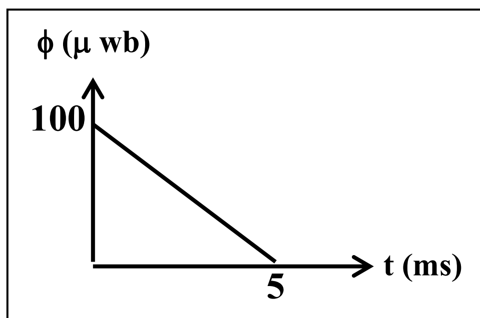
ثانياً) إذا ابعد أو سحب الملف عن المجال فإن :

$(\phi_2 = $ صفر $)\quad (B_2 = $ صفر $)$

القوة الدافعة الكهربائية وعدد لفات الملف (ε – N)	القوة الدافعة الكهربائية ومعدل التغير في التدفق المغناطيسي (ε – $\frac{d\phi}{dt}$)

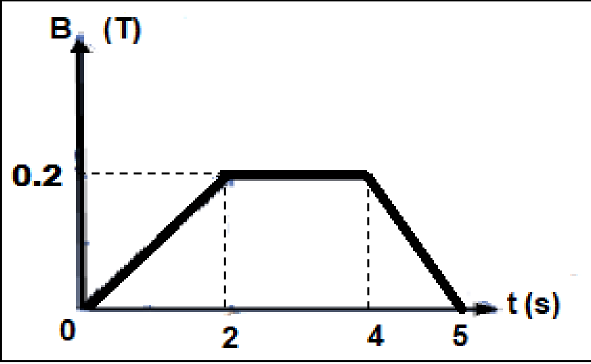
===

مثال 1 : في الشكل ملف لولبي عدد لفاته (500) لفة فإذا كان الخـط البياني الموضح بالرسم يبين تغير التدفق المغناطيسي الذي يجتاز كل لفة من لفات الملف مع الزمن . أحسب القوة المحركة الدافعة التأثيرية المتولدة في الملف :



....

....



<u>مثال 2</u> : **ملف مؤلف من (100) لفة حول أسطوانة فارغة مساحة قاعدتها ($0.5\ m^2$) ويؤثر عليها مجال مغناطيسي منتظم اتجاهه عمودي علي مستوي اللفات وإذا كانت المقاومة في الدائرة المغلقة ثابتة وتساوي ($10\ \Omega$). أحسب :**

أ) مقدار القوة الدافعة الحثية في الملف خلال كل مرحلة :

....

....

....

....

....

ب) مقدار شدة التيار الحثي خلال كل مرحلة :

....

....

....

<u>مثال 3</u> : **ملف مكون من (10) لفات مساحة اللفة ($0.4\ m^2$) موضوع في مجال مغناطيسي شدته ($0.1\ T$) تصنع خطوط مجاله زاوية (60^o) مع متجه المساحة على مستوى اللفات. أحسب القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن تدوير الملف لتصبح الزاوية بين المتجه العمودي للمستوى واتجاه خطوط المجال (90^o) خلال ($0.2\ S$) .**

....

....

<u>مثال 4</u> : **ملف مستطيل عدد لفاته (200) لفه وضع في مجال مغناطيسي شدته ($0.4\ T$) بحيث كان مستواه عموديا علي المجال حيث مساحة مقطع لفاته ($50\ cm^2$) .احسب متوسط القوة المحركة التأثيرية المتولدة بالملف :**

أ) إذا قلب الملف في ($0.4\ S$) :

....

....

ب) إذا ابعد الملف عن المجال في زمن قدره ($0.1\ S$) :

....

....

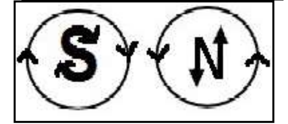
قانون لنز

قانون لنز : **التيار التأثيري المتولد في ملف يسري باتجاه بحيث يولد مجال مغناطيسي يعاكس التغير في التدفق المغناطيسي المولد له**

وجه المقارنة	دفع القطب الشمالي (N) لمغناطيس إلي داخل ملف يتولد به تيار حثي	سحب القطب الشمالي (N) لمغناطيس بعيداً عن ملف يتولد به تيار حثي
الرسم		
نوع القطب المتكون	....	....
الحدث	....	....
التفسير	....	....

** قاعدة عقارب الساعة : **إذا كان اتجاه التيار بالملف مع عقارب الساعة يكون القطب المتكون جنوبي (S)**

وإذا كان اتجاه التيار عكس عقارب الساعة يكون القطب المتكون شمالي (N)



==

** العوامل التي يتوقف عليها اتجاه التيار التأثيري المتولد في الملف :

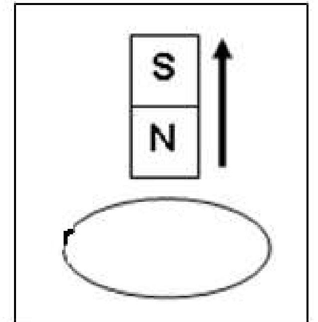
-1 ....   -2 ....

علل : توضع أشاره سالبة في قانون فاراداي.

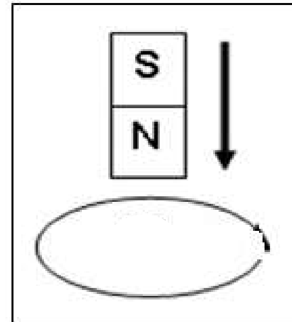
لأن القوة الدافعة الكهربائية تعاكس التغير في التدفق المغناطيسي المولد لها حسب قانون لنز

==

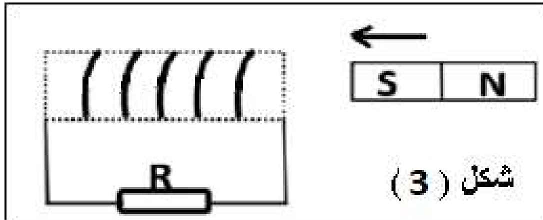
** استخدم قانون لنز لتحدد اتجاه التيار الحثي في اللفة وحدد نوع القطب المتكون في الحالات الآتية :



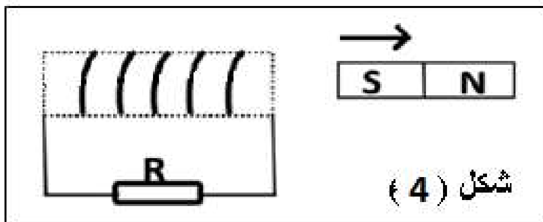
شكل (1)



شكل (2)



شكل (3)



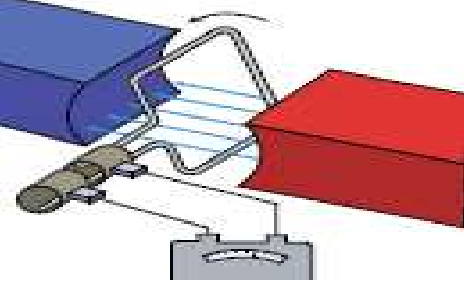
شكل (4)

الدرس (2) : المولدات والمحركات الكهربائية

وجه المقارنة	المولد الكهربائي
التعريف	**جهاز يحول جزء من الطاقة الميكانيكية المبذولة في تحريك الملف إلى طاقة كهربائية**
التركيب	1- ملف 2- قطبي مغناطيس 3- حلقتين معزولتين 4- فرشتاه الكربون

نشاط

** الشكل يمثل المولد الكهربائي يتصل مع دائرة الحمل الخارجية. أجب :



أ) ماذا يحدث للتدفق المغناطيسي في المولد الكهربائي عندما يدور الملف في المجال المغناطيسي وتتغير الزاوية (θ) بشكل دوري وبتردد (f) :

....

ب) فكرة عمل المولد الكهربائي : ....

ج) وظيفة الملف في الدينامو : ....

د) وظيفة فرشتاه الكربون في الدينامو : ....

هـ) في المولد الكهربائي تردد القوة الدافعة الكهربائية .... تردد المجال المغناطيسي داخل اللفات.

ملاحظة

الحركة بين المغناطيس والملف حركة نسبية ولا يمكن تمييز أيهما يتحرك بالنسبة للآخر ولكن عملياً الأفضل والأسهل تحريك الملف في المجال المغناطيسي الساكن

القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في ملف المولد الكهربائي :

$$\varepsilon = \varepsilon_{max} \sin(\theta) = NBA\omega \sin(\omega t)$$

** أكمل ما يأتي :

1- لحساب القوة الدافعة الكهربية الحثية العظمي المتولدة في المولد الكهربائي نستخدم العلاقة ....

2- العوامل التي يتوقف عليها القوة الدافعة الكهربية الحثية العظمي المتولدة في ملف المولد الكهربائي هي :

....

3- عندما يدور ملف بسرعة زاوية ثابتة في مجال مغناطيسي منتظم تتولد بالملف قوة دافعة كهربائية حثية تبلغ قيمتها العظمي عندما تصبح خطوط المجال .... مستوى الملف أو خطوط المجال .... متجه المساحة للملف.

علل : تولد قوة دافعة كهربائية حثية في دائرة الحمل المغلقة للمولد الكهربائي.

بسبب تغير الزاوية يؤدي إلى تغير معدل التدفق المغناطيسي في الملف وتتولد قوة دافعة كهربائية



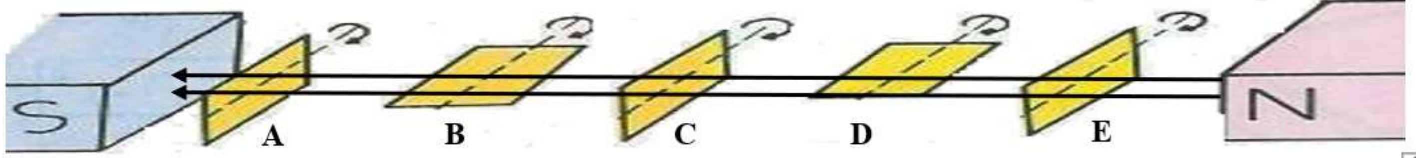
القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في ملف المولد الكهربائي والزمن



معدل التغير في التدفق المغناطيسي في ملف المولد الكهربائي والزمن



التدفق المغناطيسي الذي يجتاز ملف المولد الكهربائي والزمن



وضع مستوى الملف	عمودي على خط المجال	موازٍ لخط المجال	عمودي على خط المجال	موازٍ لخط المجال	عمودي على خط المجال
زاوية سقوط المجال (θ)					
التدفق المغناطيسي (ϕ)					
معدل تغير التدفق $(\Delta\phi/\Delta t)$					
القوة الدافعة الحثية (ε)					

علل : معدل القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في المولد الكهربائي تساوي صفر في كل دورة.

لأن معدل التغير في التدفق المغناطيسي في الدورة الواحدة يساوي صفر

مثال 1 : مولد تيار متردد يتكون من ملف مصنوع من (200) لفة وإبعاده m (0.5 , 0.3) ومقاومته (10 Ω) موضوع ليدور حول محور بحركة دائرية منتظمة وبتردد (60 Hz) داخل مجال مغناطيسي منتظم شدته (0.1 T) وفي لحظة صفر كانت خطوط المجال لها اتجاه متجه مساحة مستوى اللفات.

أ) أحسب القيمة العظمي للقوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الملف :

....

ب) أحسب القيمة العظمي لشدة التيار الحثي المتولد في الملف :

....

ج) أحسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بعد زمن (0.01 S) من بدء الدوران :

....

د) أكتب معادلة القوة الدافعة الكهربائية في أي لحظة من دوران الملف بدلالة الزمن :

....

هـ) أكتب معادلة التيار الحثي في أي لحظة من دوران الملف بدلالة الزمن :

....

تابع المولد الكهربائي

مثال 2 : إذا كان مقدار القيمة العظمي للتدفق المغناطيسي التي تجتاز الملف تساوي (0.2 Wb) والقوة الدافعة الكهربية الحثية العظمي المتولدة في الملف (20 V) .أحسب السرعة الزاوية للملف :

....

....

مثال 3 : دينامو مساحة ملفه cm^2 (300) مكون من (100) لفة يدور بسرعـة (2400) دورة في الدقيقة حول محـور مواز لطوله في مجال مغناطيسي شدته T (0.05). أحسب القوة الدافعة الكهربية الحثية في الحالات :

أ) عندما يكون مستوي الملف موازي لاتجاه المجال المغناطيسي :

....

....

....

ب) عندما تكون خطوط المجال المغناطيسي لها نفس اتجاه متجه مساحة مستوى اللفات :

....

....

ج) عندما يميل مستوي الملف علي اتجاه المجال المغناطيسي بزاوية ($30°$) :

....

....

مثال 4 : دينامو مساحة ملفه m^2 (0.02) يتكون من (100) لفة يدور حول محور مواز لطوله في مجال مغناطيسي منتظم شدته T (35×10^{-4}) فيولد قوة محركة تأثيرية قيمتها العظمي V (4.4) .احسب :

أ) اقل قيمة للسرعة التي يدور بها الملف:

....

....

....

ب) تردد هذا التيار :

....

....

....

القوة المغناطيسية

وجه المقارنة	القوة المغناطيسية المؤثرة علي شحنة كهربائية متحركة (قوة لورنتز)	القوة المغناطيسية المؤثرة علي الأسلاك الحاملة للتيار (القوة الكهرومغناطيسية)
العلاقة المستخدمة	$F = qVB\sin\theta$	$F = ILB\sin\theta$
العوامل المؤثرة	1- .... 2- .... 3- 4-	1- .... 2- .... 3- .... 4- ....
التطبيقات العملية	1- انحراف الإلكترونات على شاشة التلفاز 2- المجال المغناطيسي للأرض يجعل الجسيمات القادمة من الفضاء تنحرف مبتعدة عنها	1- المحرك الكهربائي
تحديد اتجاه القوة (قاعدة اليد اليمنى)	يشير الإبهام باتجاه حركة الشحنة $(\vec{v})$ وأصابع اليد باتجاه المجال $(\vec{B})$ واتجاه القوة $(\vec{F})$ خارج عموديا من راحة اليد للشحنة الموجبة وداخل عموديا إلى راحة اليد للسالبة	يشير الإبهام باتجاه التيار الكهربائي (I) أصابع اليد باتجاه المجال المغناطيسي $(\vec{B})$ يكون اتجاه القوة خارجا وعموديا من راحة اليد

ماذا يحدث مع ذكر السبب :

1- عندما يؤثر مجال مغناطيسي في شحنة ساكنة كما في المجال الكهربائي.

الحدث : ....

السبب : ....

2- دخول النيترون (أو ذرة هيليوم) عمودي علي المجال المغناطيسي.

الحدث : ....

السبب : ....

3- دخول البروتون والإلكترون موازي للمجال المغناطيسي.

الحدث : ....

السبب : ....

4- دخول البروتون والإلكترون عمودي علي المجال المغناطيسي.

الحدث : ....

السبب : ....

5- لسلك يسري به تيار كهربائي عند وضعه في مجال مغناطيسي وبشكل عمودي على خطوط المجال المغناطيسي.

الحدث : ....

السبب : ....

==

ملاحظة القوة المغناطيسية عمودية علي متجه السرعة ولذلك القوة المغناطيسية تغير اتجاه السرعة دون المقدار

علل : المجال المغناطيسي للأرض يخفف شدة الأشعة الكونية التي تصل إلي سطح الأرض.

لان مجال الأرض يجعل الجسيمات القادمة من الفضاء تنحرف مبتعدة بقوة مغناطيسية حارفة

F–B	F–I	F–V	F–q
القوة المغناطيسية وقوة المجال المغناطيسي	القوة المغناطيسية وشدة التيار المار بالسلك	القوة المغناطيسية وسرعة الجسيم المشحون	القوة المغناطيسية وشحنة الجسيم

*** تتبع بالرسم مسارات الجسيمات المشحونة التالية بروتون وإلكترون مع رسم متجه القوة المؤثرة :

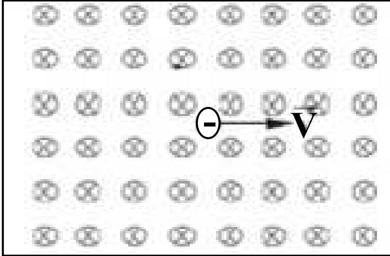
V ⊕ x x x x x x x	V ⊕	⊕ V x x x x x x x	⊕ V
V ⊖ x x x x x x x	V ⊖	⊖ V x x x x x x x	⊖ V

==

*** أرسم متجه القوة المغناطيسية المؤثرة علي السلك في الحالات الآتية :

B, I	B, I	B, I	B, I
B, I	B, I	B, I	B, I

القوة المغناطيسية	الزاوية بين B و V	المجال المغناطيسي داخل الصفحة أو خارج الصفحة
		حركة الجسيم المشحون مواز لسطح الورقة (حركة الجسيم المشحون عمودي علي المجال المغناطيسي)
		حركة الجسيم المشحون عمودي علي سطح الورقة (حركة الجسيم المشحون موازي للمجال المغناطيسي)



مثال 1 : مجال مغناطيسي منتظم (0.2 T) واتجاهه عمودي داخل الورقة دخل هذا المجال جسيم مشحون بشحنة مقدارها (- 2 μc) وبسرعة (200 m/s). وباتجاه مواز لسطح الورقة كما بالشكل المقابل.

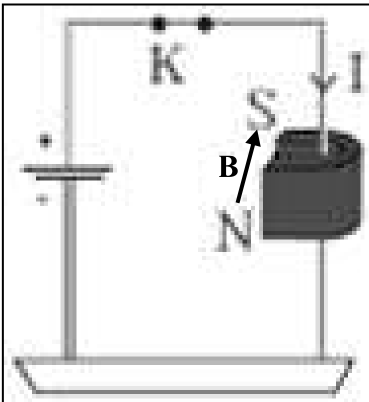
أ) أحسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة :

....

....

ب) حدد اتجاه القوة المغناطيسية :

....



مثال 2 : مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.4 T) موضوع فيه سلك مستقيم طوله (10 cm) يسري فيه تيار كهربائي شدته (2 A) عمودي علي اتجاه المجال المغناطيسي كما بالشكل المقابل .

أ) أحسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك :

....

....

ب) حدد اتجاه القوة المغناطيسية :

....

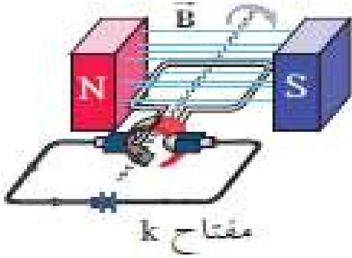
مثال 3 : سلك مستقيم طوله (1 m) ويسري فيه تيار كهربائي مقداره (5 A) وموضوع في مجال مغناطيسي شدته (0.2 T) خطوطه موازية لاتجاه سريان التيار . احسب مقدار القوة الكهرومغناطيسية المؤثرة في السلك :

....

المحرك الكهربائي

التعريف	جهاز يحول جزء من الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية في وجود مجال مغناطيسي
التركيب	1- المحرك الكهربائي يشبه في تركيبه المولد الكهربائي يتكون من ملف مستطيل 2- مجال مغناطيسي منتظم 3- يتصل طرفي الملف بنصفي حلقة مشقوقة معزولتين عن بعضهما 4- يلامسان فرشاتين من الكربون ثابتين يتصلان بقطبي البطارية
فكرة عمله	
وظيفة نصفي الحلقتين	

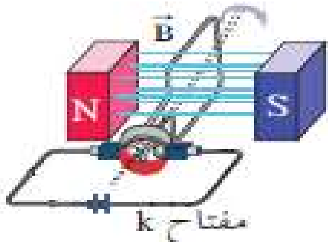
نشاط



1- في الشكل عند غلق المفتاح (K) ويكون مستوي الملف موازياً لخطوط المجال :

الحدث : ....

السبب : ....



2- في الشكل عند عدم اتصال نصفى الحلقة بالفرشاتين في ملف المحرك الكهربائي

ويكون مستوي الملف عموديا علي خطوط المجال :

الحدث : ....

السبب : ....

==

عزم الازدواج في المحرك الكهربائي : $c = NBAI \sin \theta$

علل : ينعدم عزم الازدواج المتولد في المحرك عندما يكون مستوي الملف عمودياً علي خطوط المجال المغناطيسي.

بسبب عدم اتصال نصفى الحلقة بالفرشاتين وانعدام مرور التيار الكهربائي في ملف المحرك $C = NBAI \sin\theta = 0$

عزم الازدواج في ملف المحرك ومساحة الملف	عزم الازدواج في ملف المحرك وشدة التيار	عزم الازدواج في ملف المحرك وشدة المجال	عزم الازدواج في ملف المحرك وعدد اللفات
C – A	C – I	C – B	C – N

مثال 1 : ملف محرك مربع الشكل طول ضلعه (0.2 m) مكون من (200) لفة موضوع في مجال منتظم مغناطيسي شدته (0.1 T) إذا مر فيه تياراً شدته (2×10^{-3} A) واتجاه المجال يصنع زاوية تساوي (90^o) مع العمود المقام على مستوى الملف. احسب مقدار عزم الازدواج على الملف :

....

الدرس (3) : التيار المتردد

وجه المقارنة	التيار المستمر (DC)	التيار المتردد (AC)
التعريف	**تيار ثابت الشدة وثابت الاتجاه**	**تيار يتغير اتجاهه كل نصف دورة ومعدل شدته يساوي صفر في الدورة الواحدة**
جهاز توليده		
الرمز في الدائرة		
التمثيل البياني	V، t	V، t

وجه المقارنة	الجهد المتردد اللحظي في مقاومة	التيار المتردد الآني في مقاومة
التعريف	**الجهد المتردد في أي لحظة**	**التيار الذي يسري في المقاومة ويتغير جيبياً مع الزمن**
القانون	$V = V_{max}\sin(\omega t)$	$I = I_{max}\sin(\omega t)$

الشدة الفعالة للتيار المتردد : **شدة التيار المستمر الذي يولد نفس كمية الحرارة التي يولدها التيار المتردد في نفس المقاومة خلال نفس الفترة الزمنية**

الشدة الفعالة للتيار المتردد (I_{rms})	الجهد الفعال للتيار المتردد (V_{rms})
$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$	$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$
الطاقة الحرارية (E) في المقاومة	القدرة الحرارية (P) في المقاومة
$E = P\,.\,t = I_{rms}^2.R.t$	$P = I_{rms}^2.R$

** أكمل ما يأتي :

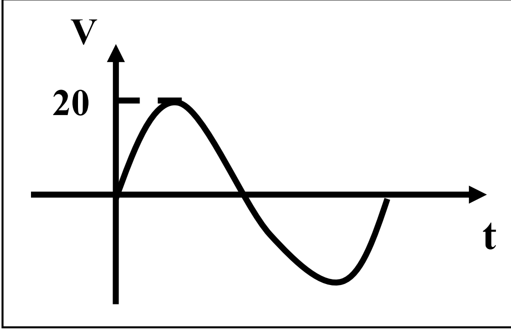
1- الشدة الفعالة للتيار المتردد الجيبي تتناسب .... مع شدته العظمى

2- الأجهزة الكهربائية التي تعمل على التيار المتردد تسجل عليها ....

3- الأجهزة المستخدمة لقياس شدة التيار والجهد المتردد من أميتر وفولتميتر تقيس ....

الشدة الفعالة للتيار المتردد والشدة العظمي للتيار	الطاقة الكهربية المستهلكة والزمن	الطاقة الكهربية المستهلكة والمقاومة الكهربائية	الطاقة الكهربية المستهلكة والشدة الفعالة للتيار المتردد
I_{rms} ، I_{max}	E ، t	E ، R	E ، I^2_{rms}

<u>مثال 1</u> : مقاومة (10 Ω) تتصل بمصدر تيار متردد يتغير جهدها حسب المعادلة $V = 20\sin(100\pi t)$. أحسب :



1- القيمة الفعالة لفرق الجهد :

....

....

2- الشدة الفعالة لشدة التيار :

....

....

3- الشدة العظمي لشدة التيار :

....

4- تردد التيار المتردد :

....

5- الزمن الدوري للتيار المتردد :

....

6- معدل استهلاك الطاقة (القدرة الكهربائية) :

....

7- الطاقة الكهربائية المصروفة خلال دقيقتين :

....

==

زاوية فرق الطور

زاوية فرق الطور : أقرب مسافة أفقية بين قمتين متتاليتين لمنحني فرق الجهد وشدة التيار

وجه المقارنة	التيار والجهد متفقي الطور	الجهد يسبق التيار	التيار يسبق الجهد
فرق الطور (ϕ)			
الشكل علي شاشة راسم الإشارة	I_R, V_R ; V_{max} ; I_{max} ; t	I_L, V_L ; V_{max} ; I_{max} ; t	I_C, V_C ; V_{max} ; I_{max} ; t

تطبيق قانون أوم على دوائر التيار المتردد

دائرة تحوي	مقاومة أومية	ملف حثي نقي	مكثف
التعريف	المقاومة الصرفة (R) : **مقاومة تحول الطاقة الكهربية لحرارة وليس لها تأثير حثي**	الملف الحثي النقي (L) : **الملف الذي له تأثير حثي ومقاومته الاومية معدومة**	المكثف (C) : **لوحين معدنيين متقابلين بينهما مادة عازلة**
رسم الدائرة الكهربائية	R	L	C
فرق الطور			
الشكل علي شاشة راسم الإشارة			
رسم متجه التيار والجهد			
معادلة التيار والجهد	$i_R = i_m \sin(\omega t)$	$i_L = i_m \sin(\omega t)$	$i_C = i_m \sin(\omega t)$
	$V_R = V_m \sin(\omega t)$	$V_L = V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$	$V_C = V_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$
تعريف الممانعة	الممانعة الأومية (R) : **الممانعة التي تبديها المقاومة لمرور التيار خلالها**	الممانعة الحثية (X_L) : **الممانعه التي يبديها الملف لمرورالتيار المتردد خلاله**	الممانعة السعوية (X_C) : **الممانعة التي يبديها المكثف لمرورالتيار المتردد خلاله**
حساب الممانعة	$R = \frac{V_R}{i_R}$	$X_L = \frac{V_L}{i_L}$	$X_C = \frac{V_C}{i_C}$
	$R = \frac{\rho L}{A}$	$X_L = 2\pi f L = \omega L$	$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{\omega C}$

عوامل الممانعة	....	....	....
زيادة تردد التيار للمثلي	....	....	....
تحول الطاقة الكهربية	....	....	....
حساب الطاقة الناتجة	$E = i_{rms}^2 . R . t$	$U_B = \frac{1}{2} L . i_{rms}^2$	$U_E = \frac{1}{2} C . V_{rms}^2$
عوامل الطاقة الناتجة	....	....	....

R – f	X_L – f	X_C – f	U_B – L
المقاومة الأومية وتردد التيار	الممانعة الحثية وتردد التيار	الممانعة السعوية وتردد التيار	الطاقة المغناطيسية ومعامل الحث الذاتي للملف
R – L	X_L – ω	X_C – ω	U_B – I^2_{rms}
المقاومة الأومية وطول الموصل	الممانعة الحثية والسرعة الزاوية للتيار	الممانعة السعوية والسرعة الزاوية للتيار	الطاقة المغناطيسية ومربع الشدة الفعالة للتيار
R – A	X_L – L	X_C – C	U_E – V^2_{rms}
المقاومة الأومية ومساحة مقطع الموصل	الممانعة الحثية ومعامل الحث الذاتي	الممانعة السعوية وسعة المكثف	الطاقة الكهربية المختزنة ومربع فرق الجهد بالمكثف

تابع تطبيق قانون أوم على دوائر التيار المتردد

تعليلات علي المقاومة الصرفة
1- تكون المقاومة الصرفة علي شكل ملف ملفوف لفًا مزدوجًا أو على شكل سلك مستقيم. لإلغاء الحث الذاتي الناتج ($L = 0$) 2- لا تصلح المقاومة في فصل التيارات مختلفة التردد في الأجهزة اللاسلكية. لأن قيمة المقاومة لا تتغير بتغير نوع التيار ولا تتغير بتغير التردد
تعليلات علي الملف الحثي النقي
3- وجود ممانعة حثية في الملف الحثي أو الجهد يسبق التيار في دوائر التيار المتردد التي تحتوي علي ملف حثي نقي. لأن التيار المتردد متغير الشدة والاتجاه وبالتالي يولد في الملف قوة دافعة عكسية تقاوم مرور التيار 4- تنعدم الممانعة الحثية في دوائر التيار المستمر. لأن تردد التيار المستمر يساوي صفر ($f = 0$) وتصبح الممانعة الحثية تساوي صفر ($X_L = 2\pi fL = 0$) 5- الملف النقي لا يحول أي جزء من الطاقة الكهربية إلي طاقة حرارية. لأن مقاومته الأومية تساوي صفر والمقاومة الأومية هي التي تحول الطاقة الكهربية إلي حرارية 6- تستخدم الملفات الحثية في فصل التيارات مختلفة التردد في الأجهزة اللاسلكية. لأن الممانعة الحثية تتناسب طردياً مع التردد ($X_L = 2\pi fL$) وعند الترددات المنخفضة تكون الممانعة الحثية صغيرة فيمر التيار في الدائرة وعند الترددات العالية تكون الممانعة الحثية كبيرة فلا يمر التيار في الدائرة
تعليلات علي المكثف
7- وجود الممانعة السعوية في المكثف أو الجهد يتأخر عن التيار في دوائر التيار المتردد التي تحتوي علي مكثف. لأن ممانعة المكثف تنشأ من تراكم الشحنات على لوحي المكثف ويحدث فرق جهد عكسي 8- لا يسمح المكثف بمرور التيار المستمر (الدائرة التي تحوي المكثف تكون كأنها دائرة مفتوحة عند مرور تيار مستمر) لأن تردد التيار المستمر يساوي صفر فتكون الممانعة السعوية لا نهائية القيمة $X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{0} = \infty$ 9- يسمح المكثف بمرور التيار المتردد خلال الدائرة الكهربائية علي الرغم من وجود المادة العازلة بين اللوحين. لأن التيار المتردد يحدث له عمليتي شحن وتفريغ في الدورة الواحدة 10- تستخدم المكثفات في فصل التيارات مختلفة التردد في الأجهزة اللاسلكية. لأن الممانعة السعوية تتناسب عكسياً مع التردد ($X_C = \frac{1}{2\pi fC}$) وعند الترددات المنخفضة تكون الممانعة السعوية كبيرة فلا يمر التيار في الدائرة وعند الترددات العالية تكون الممانعة السعوية صغيرة فيمر التيار في الدائرة

تطبيقات علي قانون أوم في دوائر التيار المتردد

ماذا يحدث مع ذكر السبب :

1- لشدة التيار في دائرة تحتوي على ملف حثي نقى إذا زاد معامل الحث الذاتي للملف (إذا زاد عدد لفات الملف).

الحدث : ....

السبب : ....

....

2- لشدة التيار في دائرة تحتوي على مكثف إذا زادت سعة المكثف الهوائي (إذا وضعت مادة عازلة بين لوحيه).

الحدث : ....

السبب : ....

....

3- للطاقة الحرارية عند زيادة الشدة الفعالة للتيار المتردد في المقاومة الصرفة إلي المثلي.

الحدث : ....

السبب : ....

4- للطاقة المغناطيسية عند زيادة الشدة الفعالة للتيار المتردد في الملف الحثي إلي المثلي.

الحدث : ....

السبب : ....

5- للطاقة الكهربائية المختزنة في المكثف عندما يقل فرق الجهد الفعال لنصف ما كان عليه.

الحدث : ....

السبب : ....

6- للطاقة الحرارية المستهلكة لمدة ثانية فى ملف حثي نقى ممانعته الحثية (15 Ω)

متصل بدائرة تيار متردد يمر بها تيار شدته الفعالة (10A).

الحدث : ....

السبب : ....

==

** أكمل ما يأتي :

1- الملفات تسمح بمرور التيارات .... التردد وتقاوم مرور التيارات .... التردد.

2- المكثفات تسمح بمرور التيارات .... التردد وتقاوم مرور التيارات .... التردد.

مثال 1 : دائرة تيار متردد تحتوي على ملف نقي معامل حثه الذاتي (0.01 H) يمر فيه تيار لحظي يتمثل بالعلاقة التالية $i_t = 2 \sin 100 \pi t$. احسب :

أ) الممانعة الحثية :

....

ب) شدة التيار الفعال على طرفي الملف :

....

ج) فرق الجهد الفعال على طرفي الملف :

....

د) الطاقة المغناطيسية المختزنة في الملف :

....

مثال 2 : دائرة تيار متردد تحتوي على مكثف سعته تساوي (400 μF) يمر فيه تيار لحظي يتمثل بالعلاقة التالية $i_t = 4 \sin 100 \pi t$. احسب :

أ) الممانعة السعوية :

....

ب) شدة التيار الفعال على طرفي المكثف :

....

ج) فرق الجهد الفعال على طرفي المكثف :

....

د) الطاقة الكهربائية المختزنة في المكثف :

....

دائرة تحتوي علي مقاومة أومية وملف حثي نقي ومكثف

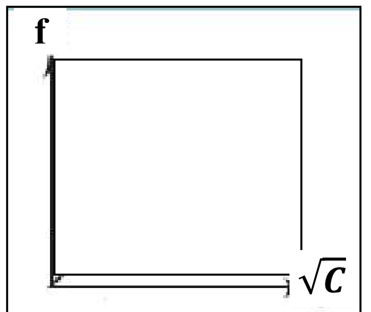
رسم الدائرة الكهربائية	رسم متجهات الممانعة	رسم متجهات الجهد
R, C, L	$X_L - X_C$, Z, φ, R	$V_L - V_C$, V_T, φ, V_R
حساب فرق الطور : $\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}$	**حساب المقاومة الكلية :** $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	**حساب الجهد الكلي :** $V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$

===

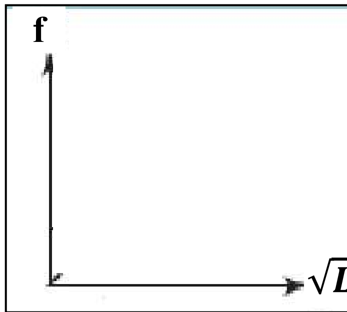
دائرة الرنين الكهربائي

رسم الدائرة الكهربائية	مكونات دائرة الرنين
R, C, L	-1 .... -2 .... -3 .... -4 ....
خواص دائرة الرنين -1 .... -2 .... -3 .... -4	**حساب تردد الرنين** $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

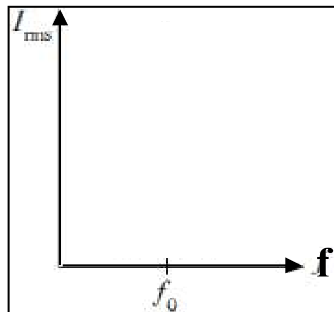
حساب فرق الطور :	حساب المقاومة الكلية :	حساب الجهد الكلي :
....	....	....



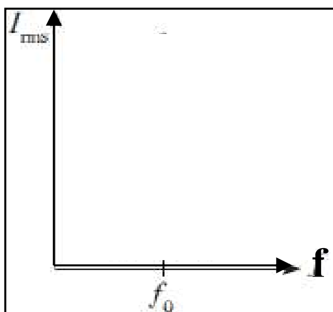
تردد الرنين والجذر التربيعي للسعة الكهربائية للمكثف



تردد الرنين والجذر التربيعي لمعامل الحث الذاتي للملف



الشدة الفعالة للتيار المتردد وتردد التيار في مقاومة صغيرة

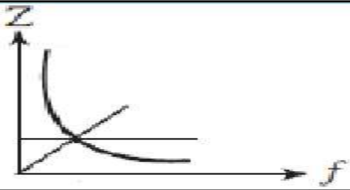


الشدة الفعالة للتيار المتردد وتردد التيار في مقاومة كبيرة

** في الشكل المقابل :

1- سجل علي الرسم العلاقة البيانية تمثل كلا من (R) و (X_L) و (X_C).

2- نقطة تلاقي العلاقات البيانية الثلاث في الرسم تمثل ....



	عند تردد أقل من تردد الرنين	عند تردد الرنين	عند تردد أكبر من تردد الرنين
فرق الطور	....	....	....
التفسير	....	....	....

الرنين الكهربائى : **حالة تكون فيها مقاومة الدائرة أقل ما يمكن ويمر بها أكبر شدة تيار**

تردد الرنين : **تردد التيار عندما تتساوي الممانعة الحثية للملف مع الممانعة السعوية للمكثف**

علل لما يأتي :

1- في دائرة تحوي مقاومة وملف نقي ومكثف يكون جمع الجهود الكلي للعناصر الثلاثة هو جمع اتجاهي وليس عددياً.

لأنها مختلفة في زوايا الطور

2- في حالة الرنين يكون في دائرة الرنين أكبر قيمة لشدة التيار المار بالدائرة.

لأن الممانعة الحثية مساوية للممانعة السعوية والمقاومة الكلية تساوي المقاومة الأومية

وبالتالي المقاومة الكلية أقل ما يمكن ويمر بها أكبر شدة تيار

==

** أكمل ما يأتي :

1- دائرة تيار متردد تحتوى مقاومة صرفة وملف نقى وفرق الجهد يتغير حسب العلاقة : $V = V_{max} \sin (\theta + 45)$

فإن ذلك يعنى الجهد .... التيار والممانعة الحثية .... المقاومة الأومية لأن ....

2- دائرة تيار متردد تحتوى مقاومة صرفة ومكثف وفرق الجهد يتغير حسب العلاقة : $V = V_{max} \sin (\theta - 26.6)$

فإن ذلك يعنى الجهد .... التيار والممانعة السعوية .... المقاومة الأومية لأن ....

==

مثال 1 : دائرة تيار متردد تتكون من مقاومة صرفة مقدارها (100 Ω) وملف حثي نقي معامل تأثيره الذاتي(0.5 H) ومكثف سعته (14 µF) ومصدر تيار متردد جهده الفعال ثابت ويساوي (200 V) ويمكن التحكم في تغيير تردده.احسب

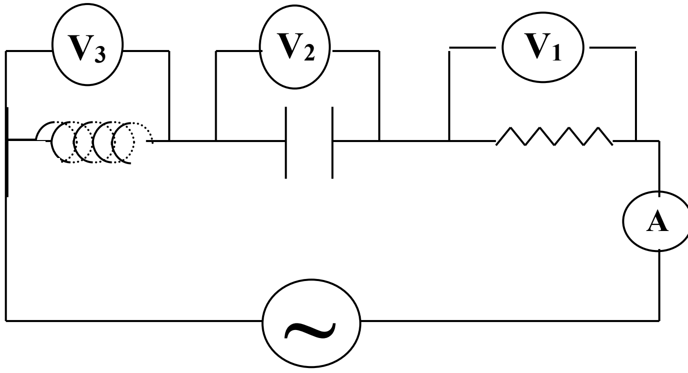
أ) تردد التيار لكي تصبح ممانعة المكثف مساوية للممانعة الملف الحثي (تردد الرنين) :

....

ب) شدة التيار الفعال في الدائرة في حالة الرنين :

....

تطبيقات على دائرة تحتوي علي مقاومة أومية وملف ومكثف



مثال 2 : دائرة تيار متردد تتكون من مصدر تيار متردد جهده الفعال ($100\sqrt{5}$ V) وتردده $(\frac{200}{\pi})$ Hz يتصل على التوالي بمقاومة صرفة (20 Ω) ومكثف سعته (50 μF) وملف حثي نقي معامل الحث الذاتي له (100 mH).أحسب :

1- المقاومة الكلية للدائرة :

....

....

....

....

2- شدة التيار الفعال في الدائرة (قراءة الأميتر) :

....

3- زاوية فرق الطور بين الجهد والتيار مع بيان أيهما يسبق :

....

4- فرق الجهد الفعال في المقاومة الصرفة (قراءة V_1) :

....

5- فرق الجهد الفعال بين لوحي المكثف (قراءة V_2) :

....

6- فرق الجهد الفعال في الملف الحثي (قراءة V_3) :

....

7- كم تساوي سعة المكثف الذي يوضع بدلاً من المكثف الأول والذي يجعل الدائرة في حالة رنين مع التيار المتردد :

....

....

8- معامل الحث الذاتي لملف عند وضعه بالدائرة بدلا من السابق يجعل الجهد والتيار متفقين في الطور (حالة الرنين) :

....

....

الدرس (4) : الوصلة الثنائية

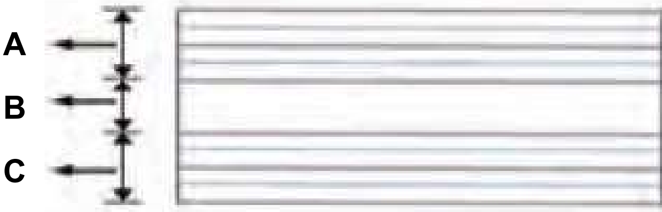
** أكمل ما يأتي :

1- من أسماء القطع الإلكترونية المكونة للآلة الحاسبة ....

2- المواد التي تعتبر أشباه موصلات .... وأكثرها استخداماً ....

وجه المقارنة	نطاق التكافؤ	نطاق التوصيل
التعريف	**نطاق به مستويات طاقة تحتوي إلكترونات المستوي الخارجي**	**نطاق تكتسب الإلكترونات طاقة وتقفز إليه**
وجه المقارنة	طاقة الفجوة المحظورة	
التعريف	**طاقة تساوى الفرق بين طاقة نطاق التوصيل وطاقة نطاق التكافؤ أو مقدار الطاقة اللازمة للإلكترون لكي ينتقل من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل**	

** حدد أسم كل نطاق من نطاقات الطاقة في الشكل :



(A) يسمي : ....

(B) يسمي : ....

(C) يسمي : ....

==

** حدد في الشكل نوع كل مادة :



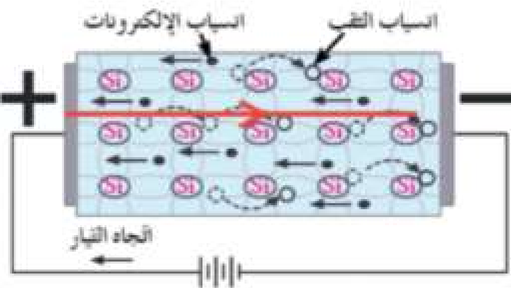
(A) : ....

(B) : ....

(C) : ....

==

ماذا يحدث مع ذكر السبب :



1- عندما يكتسب إلكترون طاقة في نطاق التوصيل في مادة شبة موصلة.

الحدث : ....

السبب : ....

2- عند تسليط جهد كهربائي علي طرفي مادة موصلة كما بالشكل المقابل.

الحدث : ....

السبب : ....

3- لدرجة التوصيل الكهربائي لأشباه الموصلات النقية بارتفاع درجة حرارتها.

الحدث : ....

السبب : ....

وجه المقارنة	المواد الموصلة	المواد شبه الموصلة	المواد العازلة
التعريف	**مواد تتميز بعدم وجود نطاق محظور بين نطاقي التكافؤ والتوصيل**	**عناصر رباعية التكافؤ يحتوى مستوى الطاقة الخارجي على أربع الكترونات بينها روابط تساهمية**	**مواد ذات مقاومة عالية غير موصلة للكهرباء**
أمثلة			
مقاومتها			
اتساع الفجوة المحظورة			

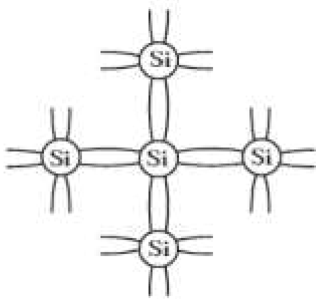
علل لما يأتي :

1- طاقة الفجوة بين نطاقي التكافؤ والتوصيل هي التي تحدد الخواص الكهربائية للمادة.

لأن بزيادة طاقة الفجوة يقل التوصيل ويصعب انتقال الإلكترون من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل

2- تستطيع بعض الالكترونات القفز من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل في أشباه الموصلات باكتسابها قدرا من الطاقة.

لأن الالكترونات تكتسب طاقة أكبر من طاقة الفجوة المحظورة



3- يستحيل في المواد العازلة الالكترونات القفز من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل.

لأن اتساع فجوة الطاقة المحظورة كبير جداً

4- تنعدم طاقة الفجوة المحظورة في المواد الموصلة.

لأن نطاق التوصيل يكون متداخل مع نطاق التكافؤ

===

** أكمل ما يأتي :

1- بلورات أشباه الموصلات تكون عازلة تماما للتيار الكهربائي إذا كانت في درجة حرارة ....

2- عدد حاملات الشحنة في المادة الموصلة .... عدد حاملات الشحنة في أشباه الموصلات النقية.

3- في أشباه الموصلات النقية تكون عدد الالكترونات .... عدد الثقوب.

===

عدد حاملات الشحنة الكلي في شبه الموصل النقي

$$n_i + p_i$$

مثال 1 : يبلغ عدد الثقوب في قطعة من السيليكون (1.2×10^{10} / cm^3) ثقباً عند درجة الحرارة العادية (300 K) واتساع فجوة الطاقة المحظورة (1.1 eV). ما هو العدد الكلي لحاملات الشحنة الكهربائية في (cm^3) التي تساهم في تكوين التيار. وأذكر تصنيف المادة من ناحية التوصيل الكهربائي :

....

مثال 2 : يحتوي شبه موصل نقي علي (6.4×10^{11} / cm^3) من حاملات الشحنة. أحسب عدد الثقوب فيه :

....

أشباه الموصلات المطعمة

التطعيم **عملية إضافة ذرات عناصر خماسية أو ثلاثية إلى أشباه الفلزات النقية لزيادة القدرة علي التوصيل**

وجه المقارنة	شبه الموصل السالب (N - type)	شبه الموصل الموجب (P - type)
الشكل	Si، Si، As، Si، Si	Si، Si، B، Si، Si
طريقة التطعيم	تطعم البلورة النقية بذرات لافلز خماسي مثل الفسفور – الزرنيخ - الأنتيمون تتكون 4 روابط تساهمية ويتبقى إلكترون حر	تطعم البلورة النقية بذرات فلز ثلاثي مثل البورون - الالومنيوم - الجاليوم تتكون 3 روابط تساهمية ويتبقى ثقب أو فجوة
أسم المادة الشائبة		
حاملات الشحنة الأكثرية		
حاملات الشحنة الأقلية		

الذرة المانحة (N_d)	الذرة المتقبلة (N_a)
ذرة عند إضافته إلي شبه الفلز يظهر إلكترون حر	**ذرة عند إضافته إلي شبه الفلز يظهر ثقب**

** أكمل ما يأتي :

1- العوامل التي تتوقف عليها عدد الالكترونات والثقوب في أشباه الفلزات المطعمة هي :

....

2- تزداد درجة توصيل بلورة شبه الموصل للتيار الكهربائي عند درجة حرارة ثابتة بزيادة ....

==

علل لما يأتي :

1- علي الرغم من التسمية لبلورة شبه الموصل موجبة أو سالبة إلا أنها متعادلة كهربائياً.

لان عدد الشحنات الموجبة يساوي عدد الشحنات السالبة في البلورة

2- تزداد درجة التوصيل لبلورة شبه الموصل الموجب أو السالب عن بلورة شبه الموصل النقي.

بسبب زيادة عدد حاملات الشحنة في البلورة المطعمة عن البلورة النقية

3- تضاف ذرة لا فلز خماسية أو ذرة فلز ثلاثية إلي بلورة شبه الفلز النقي.

لكي يكون حجم الذرة المضافة قريب من حجم ذرة شبه الفلز

عدد حاملات الشحنة الكلي في شبه الموصل السالب	$n_i + p_i + N_d$
عدد حاملات الشحنة الكلي في شبه الموصل الموجب	$n_i + p_i + N_a$

==

مثال 1 : يحتوي شبه موصل غير نقي علي 100 مليون ذرة من السيليكون و15 مليون ذرة من مادة خماسية التكافؤ ما هو عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في المادة شبه الموصلة :

....

مثال 2 : ذرة جرمانيوم تحتوي (1×10^{12} / cm^3) إلكترون حر تم تطعيمها بـ (6×10^{14} / cm^3) من البورون. احسب :

أ) عدد حاملات الشحنة الأكثرية :

....

ب) عدد حاملات الشحنة الأقلية :

....

ج) العدد الكلي لحاملات الشحنة :

....

مثال 3 : ذرة جرمانيوم تحتوي (2.4×10^{13} /cm^3) ثقباً تم تطعيمها بـ (7.2×10^{18} /cm^3) من ذرة فسفور خماسية.

أحسب العدد الكلي لحاملات الشحنة وحدد نوع البلورة الناتجة :

....

....

....

مثال 4 : بلورة نقية تحتوي (1.4×10^{14} /cm^3) ثقباً تم تطعيمها بـ (8×10^{20} /cm^3) من ذرة ألومنيوم ثلاثية.

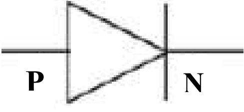
أحسب العدد الكلي لحاملات الشحنة. وحدد نوع البلورة الناتجة :

....

....

....

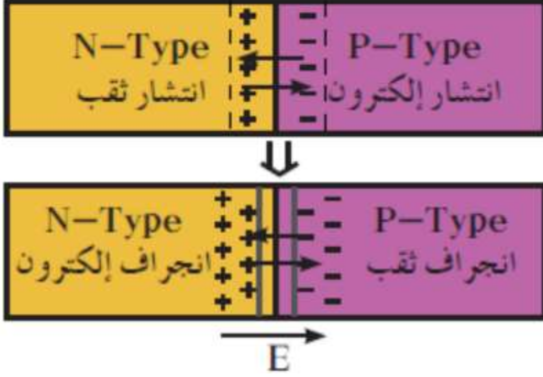
الوصلة الثنائية



الوصلة الثنائية : **شبه موصل من النوع السالب ملتحم بشبه موصل من النوع الموجب**

==

كيف تعمل الوصلة الثنائية



أ) أشرح كيف تتشكل (منطقة الاستنزاف أو منطقة النضوب)

....

....

....

....

....

ب) تكتسب البلورة السالبة شحنة .... بسبب ....

ج) تكتسب البلورة الموجبة شحنة .... بسبب ....

==

منطقة الاستنزاف : **منطقة خالية من حاملات الشحنة على جانبي منطقة الالتحام**

التوازن الكهربائي : **حالة يمنع فيها المجال الكهربائي حاملات الشحنة من الانتشار عبر منطقة الاستنزاف**

==

علل لما يأتي :

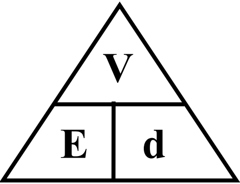
1- وصول الوصلة الثنائية إلي حالة التوازن الكهربائي.

لان المجال الكهربائي يمنع أي زيادة في عدد حاملات الشحنة من الانتشار عبر منطقة الاستنزاف

==

شدة المجال في حالة التوازن الكهربائي

$$E = \frac{V}{d}$$



==

مثال 1 : في الوصلة الثنائية إذا كان اتساع منطقة الاستنزاف (0.4 mm) ومقدار الجهد الداخلي المتشكل (0.6 V).

أحسب شدة المجال الكهربائي عندما تصل إلى حالة التوازن الكهربائي :

....

....

تطبيقات على الوصلة الثنائية

طرق التوصيل	طريقة الانحياز (التوصيل) الأمامي	طريقة الانحياز (التوصيل) العكسي
رسم الدائرة الكهربائية	N–Type P–Type V N P	N–Type P–Type V N P
طريقة التوصيل	يتم تسليط جهد أمامي على الوصلة يوصل القطب الموجب للبطارية بالبلورة الموجبة ويوصل القطب السالب للبطارية بالبلورة السالبة	يتم تسليط جهد عكسي على الوصلة يوصل القطب الموجب للبطارية بالبلورة السالبة ويوصل القطب السالب للبطارية بالبلورة الموجبة
عند تطبيق جهد خارجي	....	....
اتجاه (E_{ex}) بالنسبة (E_{in})	....	....
منطقة الاستنزاف		
المقاومة الكهربية		
التيار الكهربائي		
رسم العلاقة بين التيار والجهد	شدة التيار (I) الجهد (V)	

علل لما يأتي :

1- الوصلة الثنائية تسمح بمرور التيار الكهربائي في حالة التوصيل الأمامي أو تعمل كموصل جيد (مفتاح مغلق).

لان اتجاه المجال الخارجي عكس المجال الداخلي ويحدث اندفاع الكترونات في البلورة السالبة والثقوب في البلورة الموجبة في اتجاه منطقة الاستنزاف وتقل منطقة الاستنزاف وتقل المقاومة ويمر التيار

2- الوصلة الثنائية لا تسمح بمرور التيار الكهربائي في حالة التوصيل العكسي أو تعمل كعازل جيد (مفتاح مفتوح).

لان اتجاه المجال الخارجي مع المجال الداخلي ويحدث اندفاع الكترونات في البلورة السالبة والثقوب في البلورة الموجبة بعيد عن منطقة الاستنزاف وتزيد منطقة الاستنزاف وتزيد المقاومة ولا يمر التيار

تقويم التيار المتردد

تحويل التيار المتردد إلي تيار نصف موجي

نشاط

رسم التيار بعد التقويم	رسم الدائرة الكهربائية	رسم التيار قبل التقويم
	D R	

1- في الانحياز الأمامي .... المقاومة .... التيار وفي الانحياز العكسي .... المقاومة .... التيار

2- الوصلة الثنائية تسمح بمرور التيار في .... ويحدث للتيار تقويم ....

===

علل لما يأتي :

1- تستخدم الوصلة الثنائية في تقويم التيار المتردد.

لأن الوصلة الثنائية تسمح بمرور التيار في اتجاه واحد ويحدث للتيار تقويم نصف موجي

2- تقويم الوصلة الثنائية للتيار المتردد نصف موجي غير كامل.

بسبب تيار الانحياز العكسي وهو تيار ضعيف جداً

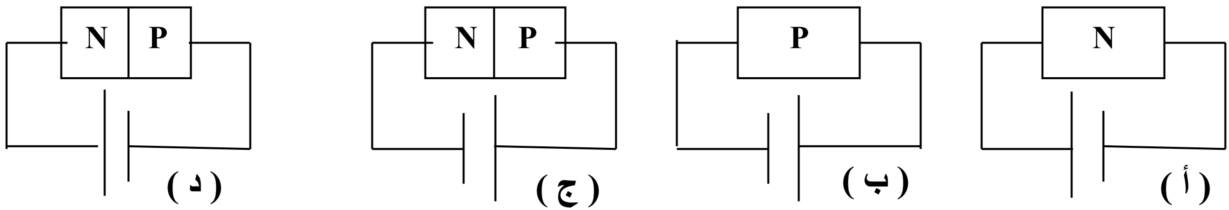
===

** أهم استخدامات الوصلة الثنائية :

1- .... 2- ....

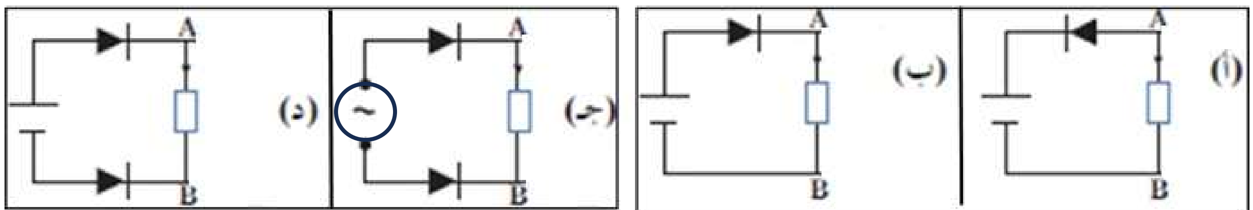
===

** واحدة فقط من الدوائر الكهربائية التالية لا تسمح بمرور التيار الكهربائي خلالها وهي :



===

** فسر لماذا يعمل المصباح أولا يعمل في كل حالة في الشكل :



....

....

الدرس (5) : نماذج الذرة

نماذج الضوء	النموذج الجسيمي للضوء	النموذج الموجي للضوء
تعريف الضوء	**الضوء سيل من جسيمات متناهية الصغر**	**الضوء إشعاع كهرومغناطيسي**
العلماء المؤيدين	نيوتن - اينشتين	هرتز - هيجنز - يونج - ماكسويل
طرق تدعيم النموذج		

وجه المقارنة	النظرية الكلاسيكية	نظرية بلانك
الطيف الصادر من الهيدروجين		

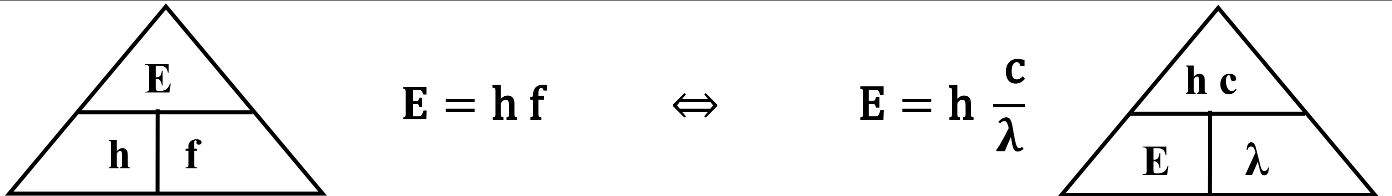
** أكتب المصطلح العلمي :	
1- إشعاع كهرومغناطيسي ويعتبر جزءاً من الطيف الكهرومغناطيسي	
2- الطاقة التي تحملها الموجات الكهرومغناطيسية مثل الضوء والحرارة واشعة جاما	
3- كمات الضوء أو نبضات متتابعة ومنفصلة تنبعث من الإشعاع الكهرومغناطيسي	
4- أصغر مقدار من الطاقة يوجد منفصلاً	
5- العلم الذي يهتم بدراسة العلاقة بين الإشعاع والمادة	
6- جهاز يستخدم لدراسة العلاقة بين الإشعاع والمادة	
7- الشغل المبذول لنقل إلكترون بين نقطتين فرق الجهد بينهما 1 فولت	

فرضيات بلانك

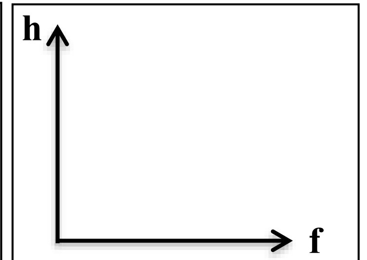
....

....

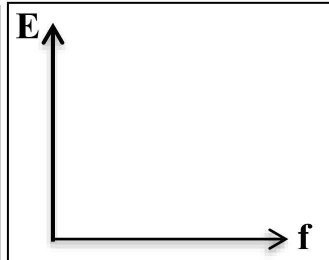
....



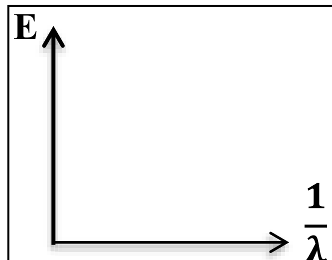
** **النسبة بين طاقة الفوتون وتردده يسمي** ....



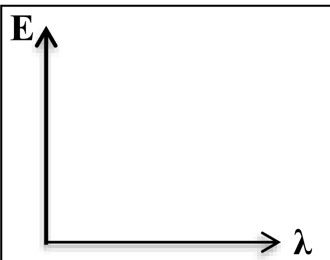
ثابت بلانك وتردد الفوتون



طاقة الفوتون وتردد الفوتون



الطاقة ومقلوب الطول الموجي



طاقة الفوتون والطول الموجي

فرضيات اينشتين

....

....

....

** أكبر سرعة ممكن أن يتحرك بها أي شيء بحسب النظرية النسبية هي ....

علل لما يأتي :

1- عجزت النظرية الكلاسيكية عن تفسير الطيف المنبعث من ذرة الهيدروجين.

لأن الطيف المنبعث من ذرة الهيدروجين طيف غير متصل وذلك عكس ما توقعت النظرية الكلاسيكية

2- انبعاث الطيف غير المتصل من الغازات حسب نظرية اينشتين.

لأنه ينتج عن انتقال الإلكترون من مستوي طاقة أعلي إلي مستوي طاقة أقل

والفرق بين طاقة المستويين ينبعث في صورة فوتون له تردد محدد

==

الفرق بين طاقة المستويين

$$\Delta E = E_{out} - E_{in}$$

أهم التحويلات المستخدمة في الدرس	
نانومتر $nm = 10^{-9}$ m	ميكرومتر $\mu m = 10^{-6}$ m
مليون إلكترون فولت $M\,e\,v = 10^{6} \times 1.6 \times 10^{-19}$ J	إلكترون فولت $e\,v = 1.6 \times 10^{-19}$ J

كتلة الإلكترون : $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg	سرعة الضوء : $C = 3 \times 10^{8}$ m / s
شحنة الإلكترون : $e = - 1.6 \times 10^{-19}$ C	ثابت بلانك : $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J.S

مثال 1 : انبعث فوتون نتيجة انتقال الإلكترون من مستوى طاقة (- 3.4 eV) إلى مستوى طاقة (- 13.6 eV). احسب :

أ) طاقة الفوتون المنبعث بوحدة (eV) :

....

ب) طاقة الفوتون المنبعث بوحدة (J) :

....

ج) تردد الفوتون المنبعث :

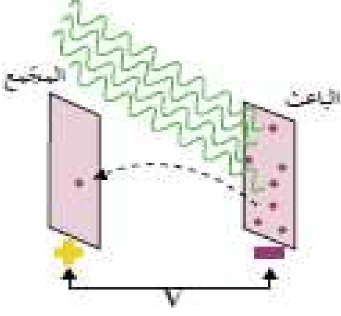
....

د) الطول الموجي للفوتون المنبعث :

....

الحث الكهروضوئي

التأثير (الحث) الكهروضوئي | **انبعاث الإلكترونات من فلزات معينة نتيجة سقوط ضوء له تردد مناسب**

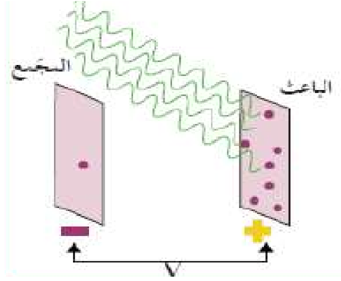


نشاط في تجربة لينارد لوح معدني حساس للضوء يسمي الباعث ولوح أخر يسمي المجمع ماذا يحدث عند سقوط ضوء فوق بنفسجي على الباعث.

الحدث : ....

السبب : ....

==



نشاط في الشكل تم عكس أقطاب البطارية على سطح الباعث والمجمع.

الحدث : ....

السبب : ....

....

==

** أكتب المصطلح العلمي :	
1- أقل مقدار للطاقة يمكنه تحرير الكترونات من سطح الفلز	
2- أقل مقدار للتردد يمكنه تحرير الكترونات من سطح الفلز	
3- أكبر فرق جهد يؤدي إلى إيقاف الإلكترونات المنبعثة من الباعث	
4- الإلكترونات المنبعثة نتيجة سقوط ضوء مناسب على سطح الفلز	

** ماذا يحدث مع ذكر السبب :

لتحرر الإلكترونات من سطح الفلز عندما يكون	تردد الضوء الساقط (f) أقل من تردد العتبة للفلز (f_o)	تردد الضوء الساقط (f) يساوي تردد العتبة للفلز (f_o)	تردد الضوء الساقط (f) أكبر من تردد العتبة للفلز (f_o)
الحدث	....	....	....
السبب	....	....	....

معادلة أينشتين للتأثير الكهروضوئي

$$E = \Phi + KE$$

$$hf = hf_o + \frac{1}{2} m.v^2$$

$$\frac{hc}{\lambda} = hf_o + e.V_{cut}$$

الأحمر – البرتقالي – الأصفر – الأخضر – الأزرق – النيلي – البنفسجي

أقل تردد (f) ← **التردد يزداد** ← أكبر تردد (f)

أقل طاقة (E) ← **الطاقة تزداد** ← أكبر طاقة (E)

أكبر طول موجي (λ) ← **الطول الموجي يقل** ← أقل طول موجي (λ)

** أذكر العوامل التي يتوقف عليها كلاً من :

1- تحرير الكترونات من الفلز أو طاقة حركة الإلكترونات المنبعثة أو سرعة الإلكترونات المنبعثة أو جهد الإيقاف (جهد القطع)	....
2- عدد الالكترونات المنبعثة	....
3- دالة الشغل - تردد العتبة	....

الميل يمثل	الميل يمثل	الميل يمثل	
Φ ↑ → f_o	KE ↑ → V_{cut}	KE ↑ → V^2	KE ↑ → f
دالة الشغل وتردد العتبة للفلز	طاقة حركة الإلكترون المنبعث والقيمة المطلقة لجهد الإيقاف	طاقة حركة الإلكترون المنبعث ومربع سرعته	طاقة حركة الإلكترون المنبعث وتردد الضوء الساقط

==

** وضح كيف فسر أينشتاين التأثير الكهروضوئي ؟

....

....

تابع الحث الكهروضوئي

علل لما يأتي :

1- فشل الفيزياء الكلاسيكية في تفسير التأثير الكهروضوئي.

لأنها تنص علي ان زيادة شدة الضوء تحرر الإلكترونات مهما كان تردد الضوء وذلك عكس التجارب العملية

2- عند سقوط ضوء أزرق خافت على الفلز فإن طاقته يمكن أن تبعث الكترونات ولا يستطيع أحمر ساطع أن يفعل ذلك.

لأن تحرر الالكترونات يتوقف على تردد الضوء الساقط وليس على شدة الضوء

وتردد الضوء الأزرق أعلى من تردد الضوء الأحمر

3- الضوء الساطع يمكنه أن يحرر الكترونات أكثر من ضوء خافت لهما نفس التردد المناسب.

لأن الضوء الساطع يمتلك عدد فوتونات أكبر فتحرر الكترونات أكثر لان كل الكترون يمتص فوتون واحد

4- طاقة الحركة للإلكترونات المنبعثة يعتمد على تردد الضوء وليس شدته (تزداد طاقة الحركة بزيادة تردد الضوء).

لان زيادة تردد الضوء يزيد من طاقته بينما تغير شدة الضوء لا يغير من طاقته

5- جهد القطع هو الجهد اللازم لإيقاف الالكترونات.

لأنه يسبب تكون مجال كهربائي يعاكس حركة الالكترونات بين الباعث والمجمع فيبطئ سرعتها حتى تتوقف

==========

ماذا يحدث مع ذكر السبب :

1- لطاقة حركة الإلكترونات المنبعثة من سطح فلز عند سقوط ضوء ذو تردد أكبر من تردد العتبة لهذا الفلز.

الحدث : ....

السبب : ....

2- جهد القطع عند زيادة تردد الضوء الساقط على الفلز.

الحدث : ....

السبب : ....

3- لطاقة الضوء (الفوتون) بزيادة الطول الموجي.

الحدث : ....

السبب : ....

4- لسرعة الفوتون إذا زادت طاقته.

الحدث : ....

السبب : ....

<u>مثال 1</u> : سقط ضوء تردده (1.5×10^{15} Hz) على فلز تردد العتبة له (9.92×10^{14} Hz). أحسب :

أ) طاقة الفوتون الساقط على سطح الفلز :

....

....

ب) دالة الشغل للفلز :

....

....

ج) الطاقة الحركية للإلكترون المنبعث :

....

....

د) سرعة الإلكترون لحظة تركه سطح الفلز :

....

....

هـ) مقدار فرق جهد القطع (الإيقاف) بين سطح المجمع والباعث والذي يمنع الإلكترونات من الانتقال بينهما :

....

....

<u>مثال 2</u> : يسقط ضوء طوله الموجي (200 nm) على سطح فلز دالة الشغل له (3.3 ev). احسب :

أ) تردد العتبة لهذا الفلز :

....

....

ب) طاقة الفوتونات الساقطة :

....

....

ج) الطاقة الحركية العظمى :

....

....

د) سرعة الإلكترون المنبعث :

....

....

هـ) مقدار فرق جهد القطع (الإيقاف) بين سطح المجمع والباعث والذي يمنع الإلكترونات من الانتقال بينهما :

....

....

$^{A}_{Z}X$

الدرس (6) : نواة الذرة

** أذكر المصطلح العلمي :

1- عدد البروتونات في نواة الذرة	
2- مجموع كتل عدد البروتونات وعدد النيوترونات في نواة الذرة	
3- جسيم نووي يطلق علي البروتون والنيترون في النواة	
4- ذرات لها نفس العدد الذري وتختلف في العدد الكتلي	

** أكمل ما يأتي :

1- تتكون نواة الذرة من بروتونات (P) .... الشحنة ونيترونات (N) .... الشحنة.

2- لحساب عدد النيوترونات (N) في نواة الذرة نستخدم العلاقة ....

3- الذرتان $^{22}_{8}X$ و $^{21}_{7}y$ متساويان في ....

4- النظائر لها نوعين هما نظائر .... ونظائر ....

5- العوامل التي تؤثر في نسبة وجود نظائر العنصر في الطبيعة هي ....

==

علل لما يأتي :

1- الذرة متعادلة كهربائياً.

عدد البروتونات داخل النواة يساوي عدد الإلكترونات التي تدور حول النواة.

2- كتلة الذرة مركزة في النواة.

لأن كتلة البروتونات وكتلة النيترونات في النواة أكبر من كتلة الالكترونات خارج النواة

3- يؤثر العدد الذري في تحديد الخواص الكيميائية بينما عدد النيوترونات لا يؤثر في تحديد الخواص الكيميائية للذرة.

لأن العدد الذري يحدد تركيب المدارات التي يدور بها الإلكترونات بينما النيوترونات عديمة شحنة

4- تختلف النظائر في العدد الكتلي.

بسبب اختلاف عدد النيوترونات

5- تتشابه النظائر في الخواص الكيميائية وتختلف في الخواص الفيزيائية.

لأن لها نفس العدد الذري وتختلف في العدد الكتلي

6- تكون بعض نظائر أنويه ذرات العناصر الكيميائية أكثر وفرة في الطبيعة.

بسبب اختلاف طريقة تكوين النظير سواء طبيعية أو صناعية وحسب استقراره

==

طاقة السكون للجسيم — **طاقة الجسيم المكافئة لكتلته**

$$E_r = m C^2$$

مثال 1 : أحسب طاقة السكون بوحدة ميجا إلكترون فولت لكتله (1 x 10^{-3} Kg). حيث سرعة الضوء (3 x 10^{8} m/s)

....

....

قوة التجاذب النووية

قوة التجاذب النووية : **قوة قصيرة المدى تنشأ بين النيوكليونات المتجاورة**

** خصائص قوة التجاذب النووية :

-1 .... -2 ....

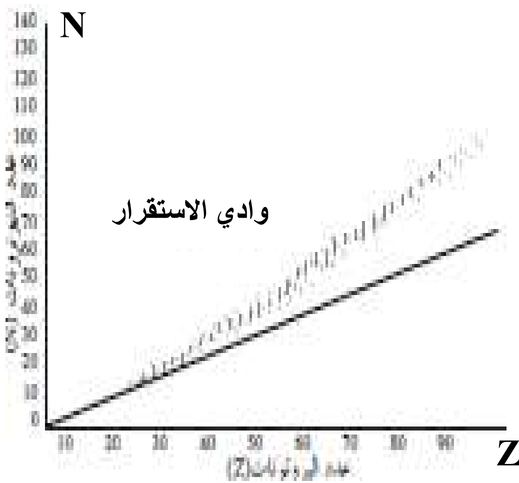
علل لما يأتي :

1- بزيادة عدد النيوترونات يزداد استقرار النواة.

بسبب زيادة قوى التجاذب النووية على حساب قوى التنافر بين البروتونات

2- في الانوية الثقيلة وبزيادة عدد النيوترونات لا تستقر النواة.

لأن قوة التنافر بين البروتونات تصبح كبيرة جداً ولا تستطيع زيادة النيوترونات تعويض زيادة قوة التنافر



نشاط

** الشكل يمثل علاقة عدد البروتونات مع عدد النيترونات

أ) في العناصر الخفيفة عدد البروتونات .... عدد النيوترونات تقريباً.

ب) بم تفسر : في الأنوية الثقيلة ($Z > 82$) تسمى أنويه غير مستقرة

ويحدث انحراف الأنوية عن الخط $(N = Z)$.

....

....

===

طاقة الربط النووية

طاقة الربط النووية : **الطاقة الكلية اللازمة لكسر النواة وفصل النيوكليونات فصلا تاماً**

أو مقدار الطاقة المتحررة من تجمع النيوكليونات مع بعضها لتكوين النواة

طاقة الربط النووية لكل نيوكليون (متوسط طاقة الربط) : **طاقة الربط النووية مقسومة على عدد النيكلونات**

النقص في كتلة النواة = (كتلة البروتونات + كتلة النيوترونات) – كتلة النواة الفعلية

$$\Delta m = (P\, m_p + N\, m_n) - m_X$$

طاقة الربط النووية

$$E_b = \Delta m\, C^2 \times \frac{931.5 \;\; MeV}{C^2} = \Delta\, m \times \;931.5\, MeV$$

طاقة الربط النووية لكل نيوكليون (المسؤول عن استقرار النواة)

$$E'_b = \frac{E_b}{A}$$

علل لما يأتي :

1- كتلة النواة الفعلية أقل من مجموع كتل النيوكليونات وهي منفردة (برغم وجود قوة تنافر بين البروتونات لكنها مترابطة)

لان جزء من كتلة النيكلونات يتحول إلي طاقة ربط نووية تعمل علي استقرار النواة

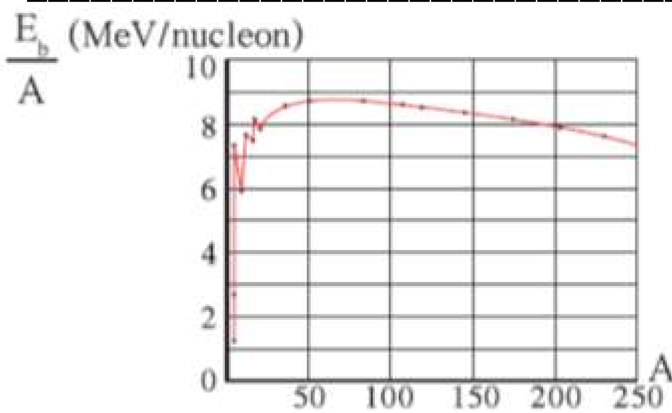
2- النواة ($^{20}_{10}X$) التي طاقة ربطها (100 Mev) أكثر استقراراً من النواة ($^{30}_{15}Y$) التي طاقة ربطها (120 Mev).

لان النواة (X) لها طاقة ربط نووية لكل نيوكليون ($E'_b = 5$ MeV) أكبر من النواة (Y) ($E'_b = 4$ MeV)

3- طاقة الربط النووية لنواة ذرة الهيدروجين العادي ($^{1}_{1}H$) تساوي صفر.

لان عدد النيترونات تساوي صفر وبالتالي النقص في كتلة النواة تساوي صفر وبالتالي $E_b = \Delta m\, C^2 = 0$

$$\Delta m = (P\, m_p + N\, m_n) - m_X = (1 \times 1.00727 + 0 \times 1.00866) - 1.00727 = 0 \ \text{amu}$$



نشاط

** من الشكل المقابل :

1- يزيد الاستقرار مع ....

2- بم تفسر: نواة النيكل أكثر الانوية استقراراً.

....

3- بم تفسر : الأنوية التي يتراوح عددها الكتلي بين (40 – 120) أكثر العناصر استقراراً.

....

4- بم تفسر : أنوية العناصر التي يقل عددها الكتلي عن (40) غير مستقرة يحدث لها اندماج نووي.

لكي تزيد عددها الكتلي وتزداد طاقة الربط النووية لكل نيو كليون حتى تستقر

5- بم تفسر : أنوية العناصر التي يزيد عددها الكتلي عن (120) غير مستقرة يحدث لها انشطار نووي.

....

*** العوامل التي تتوقف عليها مدي استقرار نواة الذرة هي

....

*** إذا كانت طاقة الربط النووية لأنويه ذرات العناصر التالية بوحدة Mev كما يلي فإن أكثر هذه الأنوية استقراراً :

	$^{4}_{2}He$	$^{39}_{19}K$	$^{12}_{6}C$	$^{9}_{4}Be$
طاقة الربط النووية (E_b)	28	196	79	56
	☐	☐	☐	☐

مثال 1 : إذا علمت أن كتلة نواة ذرة اليورانيوم (M_U = 234.9934 a.m.u) حيث $^{235}_{92}U$

حيث (m_p = 1.00727 a.m.u) (m_N = 1.00866 a.m.u). أحسب :

أ) عدد النيوترونات في نواة ذرة اليورانيوم :

....

ب) النقص في كتلة نواة ذرة اليورانيوم :

....

....

....

ج) طاقة الربط النووية لنواة ذرة اليورانيوم :

....

....

د) طاقة الربط النووية لكل نيوكليون :

....

مثال 2 : طاقة الربط النووية لنواة ذرة الكالسيوم لكل نيوكليون تساوي (8.55 Mev/nuc) حيث $^{40}_{20}Ca$

أحسب :

أ) عدد النيوترونات في نواة ذرة الكالسيوم :

....

ب) طاقة الربط النووية لنواة ذرة الكالسيوم :

....

....

ج) النقص في كتلة نواة ذرة اليورانيوم :

....

....

د) كتلة نواة الكالسيوم الفعلية :

....

....

....

العلاقات الرياضية في المنهج

قوانين الحث الكهرومغناطيسي	
التدفق المغناطيسي	$\phi = NBA\cos\theta$
القوة الدافعة الكهربائية الحثية لملف (قانون فاراداي)	$\varepsilon = -N\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$
قوانين المولد والمحرك الكهربائي	
القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في المولد الكهربائي	$\varepsilon = NBA\omega\sin\theta$
القوة المغناطيسية المؤثرة علي شحنة كهربائية متحركة	$F = qVB\sin\theta$
القوة المغناطيسية المؤثرة علي الأسلاك الحاملة للتيار	$F = ILB\sin\theta$
عزم الازدواج للملف في المحرك الكهربائي	$C = NBAI\sin\theta$
قوانين التيار المتردد	
الشدة الفعالة للتيار المتردد	$I_{rms} = \dfrac{I_{max}}{\sqrt{2}}$
الجهد الفعال للتيار المتردد	$V_{rms} = \dfrac{V_{max}}{\sqrt{2}}$
القدرة الحرارية في المقاومة	$P = I_{rms}^2.R$
حساب الجهد الكلي في دائرة تحوي مقاومة وملف ومكثف	$V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$
حساب المقاومة الكلية في دائرة تحوي مقاومة وملف ومكثف	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
حساب فرق الطور في دائرة تحوي مقاومة وملف ومكثف	$\tan\phi = \dfrac{X_L - X_C}{R}$
تردد دائرة الرنين	$f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

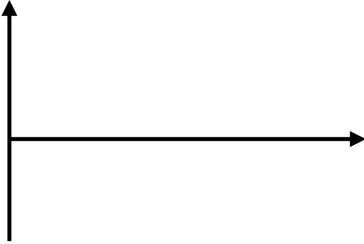
	الممانعة الأومية	الممانعة الحثية	الممانعة السعوية
معادلة التيار والجهد	$i_R = i_m\sin(\omega t)$	$i_L = i_m\sin(\omega t)$	$i_C = i_m\sin(\omega t)$
	$V_R = V_m\sin(\omega t)$	$V_L = V_m\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$	$V_C = V_m\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$
حساب الممانعة	$R = \dfrac{V_{R_{rms}}}{i_{R_{rms}}}$ $R = \dfrac{\rho L}{A}$	$X_L = \dfrac{V_{L_{rms}}}{i_{L_{rms}}}$ $X_L = 2\pi fL = \omega L$	$X_C = \dfrac{V_{C_{rms}}}{i_{C_{rms}}}$ $X_C = \dfrac{1}{2\pi fC} = \dfrac{1}{\omega C}$
الطاقة الناتجة	$E = i_{rms}^2.R.t$	$U_B = \dfrac{1}{2}L.i_{rms}^2$	$U_E = \dfrac{1}{2}C.V_{rms}^2$

قوانين الالكترونيات	
حساب عدد حاملات الشحنة الكلي في شبه الموصل النقي	$ni + pi$
حساب عدد حاملات الشحنة الكلي في شبه الموصل السالب	$ni + pi + N_d$
حساب عدد حاملات الشحنة الكلي في شبه الموصل الموجب	$ni + pi + N_a$
شدة المجال الكهربائي في الوصلة الثنائية	$E = \frac{V}{d}$
قوانين الفيزياء الذرية	
طاقة الفوتون	$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$
الفرق بين طاقة المستويين	$\Delta E = E_{out} - E_{in}$
معادلة أينشتين في التأثير الكهروضوئي	$E = \Phi + KE$ $hf = hf_o + \frac{1}{2} m.v^2$ $\frac{hc}{\lambda} = hf_o + e.V_{cut}$
قوانين الفيزياء النووية	
عدد النيوترونات في نواة الذرة	$N = A - Z$
طاقة السكون للجسيم	$E_r = mC^2$
النقص في كتلة النواة	$\Delta m = (Z\,m_p + N\,m_n) - m_X$
طاقة الربط النووية	$E_b = \Delta m\,C^2 \times (931.5\ MeV/C^2)$
طاقة الربط النووية لكل نيوكليون	$E'_b = \frac{E_b}{A}$

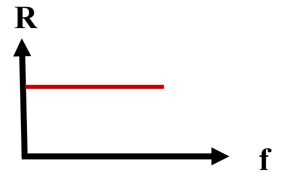
التحويلات			
الشحنة الكهربائية	$\mu C \times 10^{-6} \rightarrow C$	شدة التيار	$mA \times 10^{-3} \rightarrow A$
الطاقة	$amu \times 931.5 \rightarrow MeV$ $eV \times 1.6 \times 10^{-19} \rightarrow J$	الطول الموجي	$nm \times 10^{-9} \rightarrow m$

العلاقات البيانية في المنهج

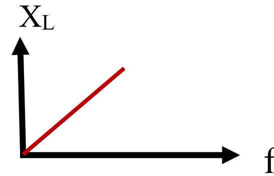
Φ – θ	Φ – B	Φ – A	B – A
التدفق المغناطيسي وزاوية سقوط المجال خلال دورة كاملة	التدفق المغناطيسي وشدة المجال المغناطيسي	التدفق المغناطيسي ومساحة السطح	شدة المجال المغناطيسي ومساحة السطح



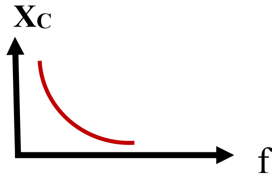
F – B	F – I	F – V	F – q
القوة المغناطيسية وقوة المجال المغناطيسي	القوة المغناطيسية وشدة التيار المار بالسلك	القوة المغناطيسية وسرعة الجسيم المشحون	القوة المغناطيسية وشحنة الجسيم
τ – A	τ – I	τ – B	τ – N
عزم الازدواج في ملف المحرك ومساحة الملف	عزم الازدواج في ملف المحرك وشدة التيار	عزم الازدواج في ملف المحرك وشدة المجال	عزم الازدواج في ملف المحرك وعدد اللفات
I_{rms} – I_{max}	E – t	E – R	E – I^2_{rms}
الشدة الفعالة للتيار المتردد والشدة العظمى للتيار	الطاقة الكهربية المستهلكة والزمن	الطاقة الكهربية المستهلكة والمقاومة الكهربائية	الطاقة الكهربية المستهلكة والشدة الفعالة للتيار المتردد



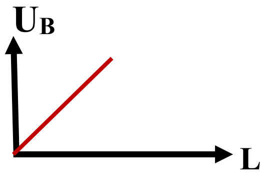
المقاومة الأومية
وتردد التيار



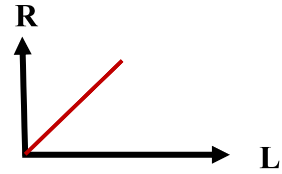
الممانعة الحثية
وتردد التيار



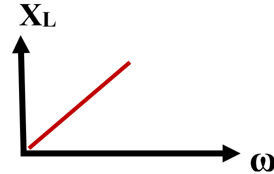
الممانعة السعوية
وتردد التيار



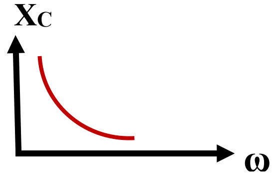
الطاقة المغناطيسية
ومعامل الحث الذاتي للملف



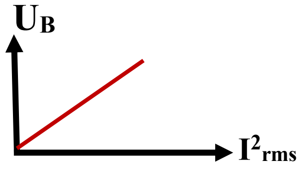
المقاومة الأومية
وطول الموصل



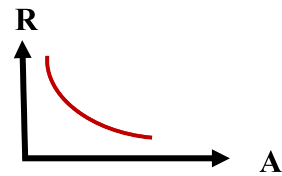
الممانعة الحثية
والسرعة الزاوية للتيار



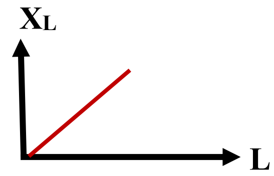
الممانعة السعوية
والسرعة الزاوية للتيار



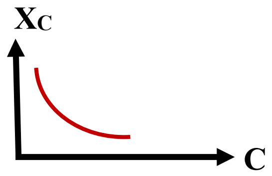
الطاقة المغناطيسية
ومربع الشدة الفعالة للتيار



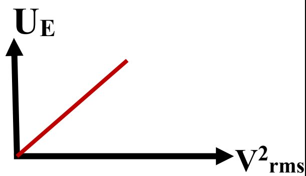
المقاومة الأومية
ومساحة مقطع الموصل



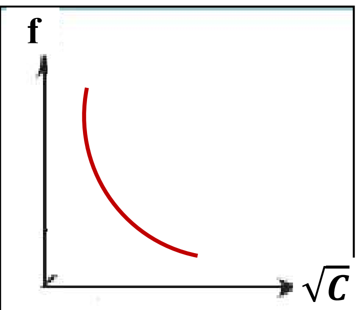
الممانعة الحثية
ومعامل الحث الذاتي



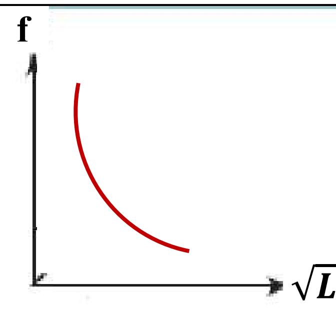
الممانعة السعوية
وسعة المكثف



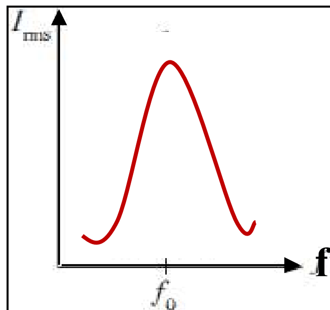
الطاقة الكهربية المختزنة
ومربع فرق الجهد بالمكثف



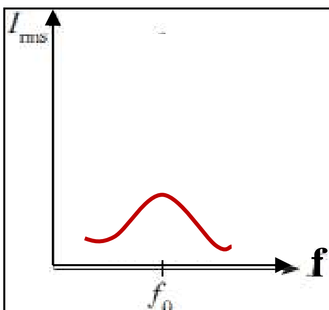
تردد الرنين والجذر التربيعي
للسعة الكهربائية للمكثف



ردد الرنين والجذر التربيعي
لمعامل الحث الذاتي للملف

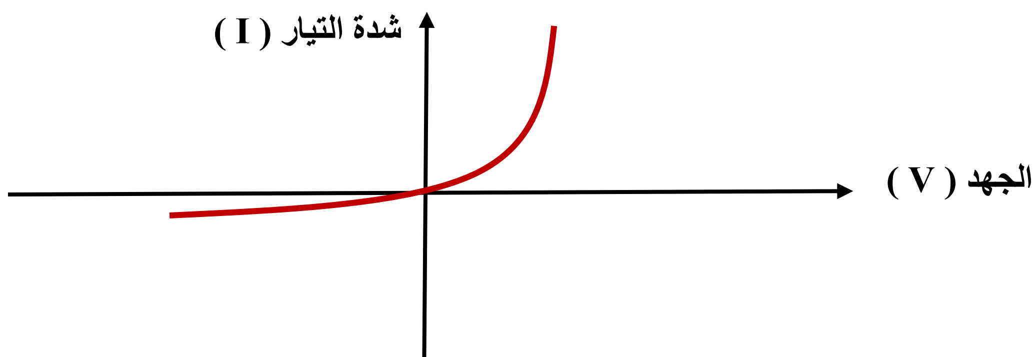


الشدة الفعالة للتيار المتردد
وتردد التيار في مقاومة صغيرة



الشدة الفعالة للتيار المتردد
وتردد التيار في مقاومة كبيرة

رسم العلاقة
بين التيار والجهد
في الوصلة الثنائية



h — f

ثابت بلانك وتردد الفوتون

E — f

طاقة الفوتون وتردد الفوتون

E — $1/\lambda$

الطاقة ومقلوب الطول الموجي

E — λ

طاقة الفوتون والطول الموجي

Φ — f_o

دالة الشغل
وتردد العتبة للفلز

KE — V_{cut}

طاقة حركة الإلكترون المنبعث
والقيمة المطلقة لجهد الإيقاف

KE — V^2

طاقة حركة الإلكترون المنبعث
ومربع سرعته

KE — f

طاقة حركة الإلكترون المنبعث
وتردد الضوء الساقط